

Mejora de la eficacia de los tratamientos de desinfección del suelo con 1,3-dicloropropeno y cloropicrina, en condiciones de bajas temperaturas, para cultivos de pimiento y plantas madre de fresón.

V. Cebolla y F. Serrano

Dep Prot Veg y Biotech. IVIA. Moncada Valencia.

Palabras clave: *Fragaria*, *Phytophthora*, *Verticillium*, *Cyperus*, cosecha, viveros, bromuro de metilo, alternativa, hierbas, hongos control.

Resumen

Algunos cultivos se adaptan mal a la desinfección en invierno debido a que las bajas temperaturas reducen la capacidad de evaporación de los fumigantes con lo que la distribución espacial de los vapores no se puede realizar con la uniformidad deseada. Por otra parte la eliminación de los residuos después de la desinfección se realiza más lentamente y se alarga el tiempo de espera antes de la plantación para evitar problemas de fitotoxicidad.

Hay dos casos más problemáticos en la agricultura española: el cultivo de pimiento italiano y el de planta madre de fresón en viveros de altura, que se inician en primavera y en los que la desinfección previa a la plantación se produce con temperaturas del suelo que rayan los 10 °C. Otro problema lo representa la aparición de malas hierbas en primavera y verano con la plantas madre de fresón aún jóvenes y la aparición de *Cyperus rotundus* en el cultivo del pimiento.

Esta investigación propone el estudio de tres formulaciones de 1,3-dicloropropeno 55.2% + cloropicrina 30.3% a 50 g/m² facilitados por la compañía Agroquímicos de Levante SA, con la adición o no de un herbicida (trifluralina 48% pv) al 1% y se comparan con un formulado de dicloropropeno y cloropicrina ya registrado en España y actualmente en uso a base de 1,3-dicloropropeno 55.4% + cloropicrina 32.7% (Agrocelhone NE) a 50 g/m², bromuro de metilo 50% + cloropicrina 50% a 40 g/m² y un testigo no desinfectado. Se controló la temperatura del suelo durante la aplicación y hasta 1 semana después. La aplicación en viveros de altura se realizó mediante inyección al suelo y cubierta de PE a máquina, a la manera habitual, en dos pasadas, 20 días después se inició un cultivo de planta madre cv. Elsanta.

En el cultivo de pimiento se aplicó mediante inyección a través del riego localizado, bajo el acolchado negro con los lomos dispuestos para el cultivo. 20 días después se procedió al transplante del pimiento cv. Estilo

Los resultados indican que algunas de las nuevas formulaciones aumentan la eficacia herbicida hasta niveles comparables al bromuro de metilo. La mezcla registrada de dicloropropeno y cloropicrina se mantiene en un lugar intermedio, con diferencias significativas con el BM, en el caso de viveros de altura, aunque sin diferencias en el cultivo de pimiento. Las nuevas formulaciones sin herbicida, objeto de estudio, no muestran diferencias significativas con el BM, (en viveros de altura) ni desde el punto de vista de la producción ni en el del control de malas hierbas en aplicaciones de invierno, en condiciones de baja temperatura (10 °C aprox.). Podemos concluir que a la vista de los resultados de este primer año de estudio, algunos coadyuvantes pueden hacer que las mezclas de 1,3-dicloropropeno y cloropicrina mejoren las características de las formulaciones actualmente comercializadas como alternativas al bromuro de metilo.

INTRODUCCIÓN

Desde la prohibición del bromuro de metilo (BM) las mezclas de 1,3-dicloropropeno (Dic) y cloropicrina (Pic) son generalmente aceptadas como la mejor alternativa química para la mayoría de cultivos tanto desde el punto de vista técnico (Cebolla, 2002; Ajwa et al., 2003; Cebolla y Maroto, 2005) como el económico (Sydorovych, 2006). Estas alternativas encajan muy bien en los cultivos de fresón y de pimiento.

Los viveros de altura (800 – 1100m) en España están situados en zonas planas y arenosas donde las plantas crecen bajo condiciones climáticas continentales (veranos cálidos e inviernos fríos y ambiente seco) (De Cal et al., 2004). La mezcla BM + cloropicrina (MB:Pic, 50/50) a la dosis de 40g/m² es una práctica normal para controlar patógenos del suelo tales como *Verticillium dahliae* y *Phytophthora cactorum* práctica que aún es considerada un uso crítico en las técnicas de producción.

El control de hierbas adventicias es especialmente necesario en viveros para permitir un cultivo factible.

La esterilización del suelo es esencial para la producción de estolones libres de enfermedades, en los viveros de altura en los que la fumigación se realiza en invierno con temperaturas de alrededor de 10 °C, antes de la plantación de las plantas madre para producir estolones.

Las primeras investigaciones en alternativas aportaron la idea que ninguna de las propuestas estudiadas podían reemplazar el uso del BM, incluidas las mezclas de Dic-Pic, en los viveros de altura de fresón en España (Melgarejo et al., 2003) debido a la escasa eficacia y a la inconsistencia de los resultados. Esta fue la razón principal para mantener este cultivo como uso crítico.

Las temperaturas bajas reducen la capacidad de evaporación de los fumigantes y su distribución espacial no puede realizarse con la uniformidad deseada. Los residuos tóxicos que quedan en el suelo necesitan más tiempo para ser eliminados. Por tanto es necesario encontrar una alternativa química para unas condiciones climáticas como estas.

También el cultivo de pimiento de primavera, en la costa valenciana, necesita iniciar el cultivo al principio de la primavera y por tanto el suelo ha de ser desinfectado a la salida del invierno, aun con temperaturas bajas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para desarrollar esta investigación se seleccionaron dos campos, uno de viveros de altura de planta madre de fresón en el término de Chañe (Segovia) y otro de cultivo de pimiento en el término de Bolbaite (Valencia)

El primero de unos 6500 m², con un suelo profundo y arenoso en donde se marcaron parcelas grandes de 4.8 m de ancho y 150 m largo distribuidos aleatoriamente en dos bloques.

Unas parcelas tan grandes permiten la aplicación de fumigantes tal como se hace en fincas comerciales. Para la recogida de muestras se establecieron previamente 6 micro parcelas de 1 m² distribuidas a lo largo de los 150 m de longitud en la línea central de cada parcela.

El suelo se labró en profundidad y se desmenuzó mediante roto cultivador. La humedad del suelo, de unos 60% de capacidad de campo se logró gracias a los días lluviosos habidos durante la semana antes de la aplicación

La desinfección se hizo, en cada tratamiento, por inyección al suelo mediante tractor equipado con ocho rejas separadas 30 cm entre sí, aplicados a 20-25 cm de profundidad y automáticamente cubierto, en el mismo acto, por lona de polietileno de baja densidad transparente.

Cada parcela fue desinfectada en dos veces, con franjas de 2.14 m de ancho, con un intervalo de 21 días para desinfectar los pasillos dejados en la primera aplicación. La cubierta de la segunda aplicación se eliminó después de otros 21 días.

El momento de la aplicación fue determinado usando los mismos criterios que cuando se aplica BM, con una temperatura inicial del suelo de unos 7.5 °C

Para evaluar la acción fungicida se enterraron dos sondas biológicas en cada tratamiento antes de la desinfección. Las sondas consistían en 3 bolsas de poliamida que contenían suelo arenoso y 20 trozos de raíces de plantas de fresón enfermas con *Fusarium oxysporum*, de 5 mm de largo y dispuestas a 10, 20 y 30 cm de profundidad y con una separación de 45 cm para evitar ser arrastradas por las rejas del tractor durante la aplicación. Una vez acabado el tratamiento los trozos de raíces se sembraron en medio selectivo Komada y las colonias resultantes, después de 5 días de incubación a 22 °C, fueron anotadas.

Esta investigación trata de estudiar tres nuevas formulaciones de 1,3-dicloropropeno 55.2% + cloropicrina 30.3% a 50 g/m² suministradas por Agroquímicos de Levante SA. Con la adición (V1H, V2H, V3H) o no (V1, V2, V3) de un herbicida (trifluranyl 48% pv) al 1% y se comparan con un formulado de 1,3-dicloropropeno 55.4% + cloropicrina 32.7% a 50 g/m², actualmente registrado en España, conocido como Agrocelhone NE (ANE); bromuro de metilo 50%.+ cloropicrina 50% a 40 g/m² (BM) y un testigo no desinfectado. La aplicación, como se hace normalmente, fue a mediados de marzo y el cultivo se inició a primeros de mayo (7-5-07), con plantas de fresón cv. Elsanta.

Las hierbas adventicias se identificaron y contaron, a mediados de junio (16-6-07), en seis micro-parcelas de 1m x 1m, tal como se ha descrito anteriormente.

Para identificar enfermedades en las plantas madre, algunas con síntomas de marchitez y escaso desarrollo fueron diseccionadas y sembradas en placas petri con medio PDA + estreptomina como medio general y en cajas petri con pétalos de clavel en solución petri para detectar fomicetos.

La producción de estolones fue evaluada al final del cultivo (28-11-07) mediante criterios comerciales, seleccionándolos en dos clases: gruesos con un diámetro mayor que 14 mm y delgados, entre 12 y 14 mm.

En el segundo campo, situado en Bolbaite se escogió una parcela para cultivo de pimiento.

El suelo se preparó a la manera habitual mediante labrado profundo, adición de unos 2 kg de estiércol de oveja/m² y a continuación se prepararon los lomos de cultivo, se extendieron las líneas de goteros y se cubrió con plástico de PE negro en todos los tratamientos excepto los de bromuro de metilo los cuales se cubrieron con PE transparente en toda su extensión para la aplicación del gas y formar los lomos una vez desinfectado.

La parcela elemental consistía en cada uno de los lomos con una longitud de entre 12 y 15 m lineales, distribuidas aleatoriamente en tres bloques.

Los tratamientos y dosis fueron los mismos que en el experimento en viveros de altura excepto el BM usado como referencia para el que se usó BM 98% + 2% cloropicrina a la dosis de 60 g/m². (Dosis normal antes de la prohibición del BM). La desinfección se hizo entre los días 20-3-07 y el 26-4-07.

Como estos formulados son emulsionables se aplicaron mediante inyección al agua de riego, en el ramal de distribución de la línea de goteros, mediante una bomba dosificadora regulable, para conseguir una aplicación uniforme con 20 L/m² de agua y un lavado posterior con 5 L/m². Después de la aplicación se procedió al lavado de tuberías y tras de un periodo de espera de 30 días (26-4-07) se procedió a la plantación de pimientos cv. Estilo.

La presencia de *Cyperus rotundus*, como hierba infestante principal, se evaluó en tres ocasiones 26-4-07; 13-6-07 y 29-6-07. Se realizaron conteos de plantas muertas y enfermas

en 17-7-07 y 30-7-07. La cosecha de pimientos se evaluó en 6 ocasiones: 11-7-07; 26-7-07; 8-8-07; 12-9-07; 29-9-07 y 23-10-07. mediante pesada de pimientos de primera y segunda calidad pero no los frutos con defectos no comerciales.

En ambos experimentos se tomaron las temperaturas del suelo, durante la desinfección, en una parcela testigo, cada 30 min con células i-button, a 10, 20 y 30 cm de profundidad bajo la cobertura plástica además de una sonda a 10 cm bajo la superficie del suelo, sin cobertura plástica. Los cultivos se desarrollaron según las prácticas habituales en cada localidad.

Los resultados se procesaron usando la comparación de rango múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los viveros de altura

Las temperaturas del suelo a 10 cm de profundidad (T_{noPE} 10 cm) en la fig. 1 muestran un mínimo de temperatura de 7 °C y un máximo de 10.5 °C a lo largo del día de la aplicación de los fumigantes. Durante la primera semana las temperaturas bajo la lona de plástico muestran un aumento de la temperatura media a las tres profundidades registradas. La amplitud máxima (T max- T min) corresponde a los 10 cm (TPE10cm) pero el pico de temperatura nunca alcanza más de 14.5 °C en todo el período considerado

La actividad fungicida (Fig. 2) muestra un excelente control en todos los tratamientos excepto el testigo hasta los 20 cm de profundidad. A 30 cm de profundidad la fumigación no destruye completamente *F. oxysporum* de las sondas biológicas en los tratamientos V1H, V3H, V2 y BM. Mientras que la mayoría del inóculo del testigo sobrevive.

Algunas plantas madre distribuidas en todos los tratamientos presentaron síntomas de marchitez y escaso desarrollo en primavera. Fueron eliminadas y *V. dahliae* fue aislado de sus rizomas. Al final del cultivo unas pocas plantas madre mostraron necrosis vascular y de ellas se aisló *Fusarium* sp. No se pudo aislar *P. cactorum* con la técnica de pétalos de clavel. Los estolones muestreados al final del cultivo se mostraron sanos.

Los resultados (Tabla 1) muestran que no hay diferencias significativas entre tratamientos en cuanto al control de adventicias excepto con el testigo. Las hierbas se clasificaron en los géneros *Senecio*, *Amarantus*, *Malva*, *Digitaria*, *Medicago*, *Sanchus*, *Lupinus* y pequeñas plantas en estado de cotiledón. En el testigo el desarrollo de las hierbas fue tan extraordinario que invadió completamente las parcelas y en agosto hubo que eliminar las plantas madre junto con las hierbas.

Los resultados en cuanto a producción de estolones gruesos y finos no muestran diferencias estadísticas (tabla 2) pero la producción total de estolones (gruesos+ finos) muestran una producción menor en los tratamientos con herbicida (V1H, V2H y V3H) que en los que no tenían herbicida (V1, V2 y V3). La mezcla actualmente registrada (ANE) permanece en una posición intermedia con diferencias significativas con el BM, sin embargo las tres formulaciones sin herbicida, estudiadas no muestran diferencias significativas con el BM.

En el cultivo de pimientos

Las temperaturas habidas durante la aplicación (Fig. 3) oscilaron entre 9 °C de mínima y 19 de máxima a 10 cm de profundidad, con la amplitud máxima (T max- T min), y alrededor de los 14 °C a mayor profundidad (20 y 30 cm). Como consecuencia del riego se observa una disminución de temperaturas del suelo, tal como se aprecia en el riego de lavado que se dio al terminar los tratamientos (día 27-4-07)

El tratamiento más productivo (Tabla 3) es el BM seguido de V1 con 4.72 kg/planta pero solo el tratamiento V2H y sobre todo el testigo con 1.27 kg/planta resultan significativamente

diferente del BM. Lo mismo se observa en producción de segunda. En producción de primera solo el testigo resulta significativamente menos productivo.

Se determinó la presencia de *Phytophthora capsici* en plantas enfermas, mediante el método de pétalos de clavel en solución petri. En cuanto a plantas enfermas (tabla 3) los tratamientos BM y V1 resultan también ser los mejores. El testigo con un 67.8% de plantas enfermas o muertas resulta ser el peor tratamiento.

En cuanto a presencia de *C. rotundus* no hay diferencias significativas, seguramente debido a la distribución por rodales irregulares.

Aunque solo tenemos resultados de un año, la coincidencia al menos en cuanto a tendencias obtenidos en ambos experimentos podemos concluir que algunos coadyuvantes como los usados en las formulaciones estudiadas pueden mejorar las características de las mezclas de 1,3-dicloropropeno + cloropicrin hasta convertirlas en alternativas invernales al BM.

En ambos experimentos el tratamiento V1 se comporta como el mejor en los aspectos que permiten observar diferencias

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada con el subproyecto 5: “Métodos de aplicación de alternativas”, dentro del proyecto español “Optimización de nuevos desarrollos sostenibles en las alternativas al bromuro de metilo” subvencionado por INIA, con una contribución del IVIA y un convenio adicional con AQLSA.

Gracias al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, al Ministerio de Medio Ambiente, al Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, a la empresa Agroquímicos de Levante S.A. y a Viveros Campiñas.

Referencias

- Ajwa, H.A.; Klose, S.; Nelson, S.D.; Minuto A.; Gullino, M.L.; Lamberti, F.; Lopez-Aranda, J.M. 2003. Alternatives to methyl bromide in strawberry production in the United States of America and the Mediterranean region. *Phytopathol. Mediterr.* 42: 220-244
- Cebolla V., 2002. Alternatives to methyl bromide in vegetable and strawberry crops in Spain. In: *Proceedings International Conference on Alternatives to Methyl Bromide* 5–8 March, 2002, Sevilla, Spain, 61–65
- Cebolla V., Maroto, J.V. 2005. Alternatives químiques i no convencionals al bromur de metil en conreus d'horta. Ed. IVIA, Montcada (Spain). 440 pp. ISBN: 84-609-7705-
- De Cal, A.; Martínez-Trecheño, A.; López-Aranda, J.M.; Melgarejo P. 2004. Chemical Alternatives to Methyl Bromide in Spanish Strawberry Nurseries. *Plant Dis.* 88:210-214.
- Melgarejo P.; Martínez-Trecheño, A.; de Cal, A.; Salto, T.; Martínez-Beringola, M.L.; García-Baudín, J.M.; Santín, I.; Bardón, E.; Palacios, J.; Becerril, M.; Medina, J.J.; López-Aranda, J.M. 2003. Chemical Alternatives to Methyl Bromide For Strawberry Nurseries in Spain. 2002 Results. *Proceedings of Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emission Reductions*. November 3-6, 2003, San Diego, CA, USA, 32:1-4, <http://www.mbao.org/>
- Sydorovych, O.; Safley, C.D.; Ferguson, L.M.; Poling, E.B.; Fernandez, G.E.; Brannen, P.M.; Monks, D.M.; Louws, F.J. 2006. Economic evaluation of methyl bromide alternatives for the production of strawberries in the southeastern United States. *Hort Technology* 16: 118-128.

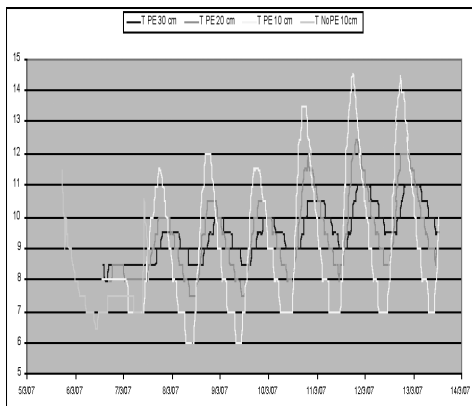


Figura 1.

Temperaturas del suelo a 10 cm de profundidad en un suelo no cubierto durante la fumigación, y en un suelo cubierto con PE a 10, 20 y 30 cm de profundidad durante la primera semana después de la fumigación en Chañe.

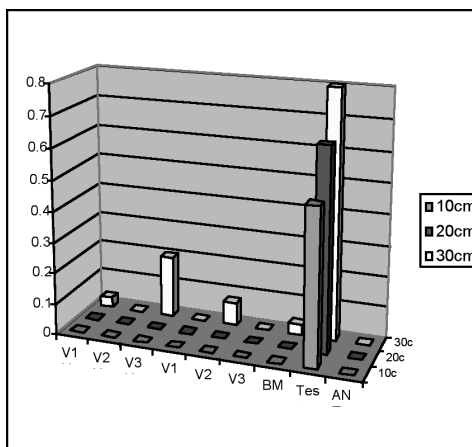


Figura 2.

Resultados de las sondas biológicas. Supervivencia de *Fusarium oxysporum* después de la fumigación a 10, 20 y 30 cm de profundidad en Chañe.

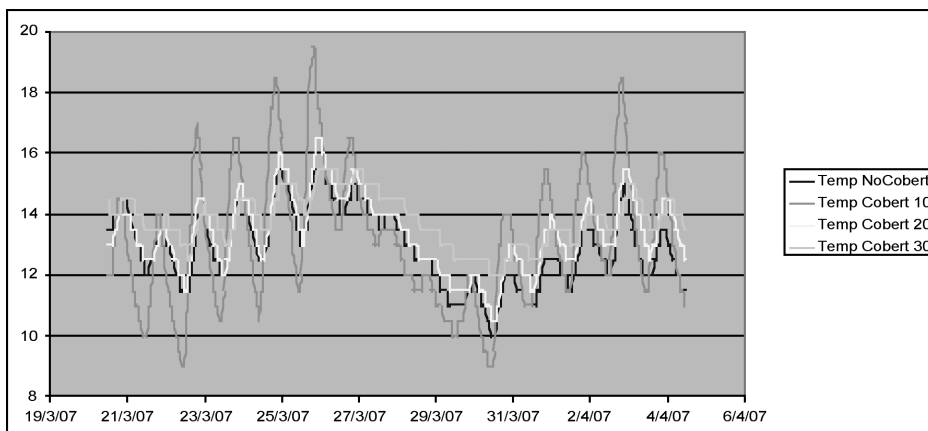


Figura 3. Temperaturas del suelo a 10 cm de profundidad en un suelo no cubierto durante la fumigación, y en un suelo cubierto con PE a 10, 20 y 30 cm de profundidad durante y después de la fumigación en Bolbaite

Tabla 1. Número total de hierbas adventicias /m² (17-6-07) y clasificación por géneros

Tratamientos	Total advent	Senecio	Amarantus	Malva	Digitaria	Cotil (1)	Medicago	Sonchus	Erodium	Lupinus
V1 H	0.88 b	0.63		1.25					1.25	
V2 H	1.04 b		0.38	0.13		0.04			0.25	0.25
V3 H	0.91 b		0.38	0.38		0.04	0.13			
V1	0.63 b	0.13	0.38	0.13						
V2	1.00 b		0.5	0.38	0.13					
V3	1.13 b	0.38	0.5	0.25						
BM	0.88 b	0.13	0.5	0.25						
Testigo	72.8 a	44	9			17.3		2.5		
ANE	1.75 b		1.13	0.25	0.25				0.13	
ANOVTrat p=	0.0000									
Bloc	0.1014									
Repet	0.4160									
Interac Trat x Bloc	0.0148									
Interac Tract x Repet	0.5376									
Interac Bloc X Repet	0.3925									

Pequeñas plantas en estado de cotiledón. (2) V1,V2,V3: tres formulados de Dic+Pic con diferentes coadyuvantes; V1H,V2H,V3H: las mismas formulaciones con 1% tryfluranyl. ANE: formulación registrada de Dic+Pic.

Tabla 2. Producción de planta de fresa (num/m²) de cv. Elsanta

Tratamiento	Gruesas	Finas	Gruesas+Finas
1-V1 H	43.4	27.2	70.6 abc
2- V2 H	41.2	20.1	62.0 c
3- V3 H	40.9	21.8	62.75 c
4- V1	47.1	30.6	77.7 ab
5- V2	45.3	35.7	81.0 ab
6- V3	48.2	28.3	76.4 ab
7- BM	45.3	36.6	81.8 a
8- Testigo	No	No	No
9- ANE	39.25	30.1	69.3 bc
ANOVA p=	0.7431	0.1047	0.0053
Bloc	0.4595	0.1835	0.5264
Repet	0.0521	0.0205	0.9264
Inter Trat*Bloc	0.3696	0.5461	0.4793
Inter Tract x Repet	0.6567	0.7044	0.0427
Inter Bloc X Repet	0.6266	0.3413	0.0247

Tabla 3. Resultados producción Bolbaite kg de pimiento/planta, conteo de *C. rotundus*/ planta y % de plantas enfermas o muertas.

Tratamiento	Total	Primera	Segunda	<i>Cyperus</i>	Enfermas%
1- V1H	3.47 ab	2.81 a	0.67 ab	4.25 a	11.2 bc
2- V2H	3.46 b	2.80 a	0.65 b	2.65 a	31.2 bc
3- V3H	4.16 ab	3.45 a	0.81 ab	2.86 a	12.2 bc
4- V1	4.72 ab	3.81 a	0.91 ab	2.71 a	9.9 c
5- V2	4.02 ab	3.34 a	0.73 ab	1.50 a	12.2 bc
6- V3	3.54 ab	2.81 a	0.68 ab	2.80 a	11.25 bc
7- BM	4.93 a	3.91 a	1.02 a	1.27 a	6.6 c
8- Testigo	1.27 c	1.04 b	0.24 c	2.69 a	57.9 a
9- ANE	4.16 ab	3.47 a	0.69 ab	2.22 a	12.2 bc
Tratam	0.0015	0.0036	0.0169	NS	0.0007
Bloc	0.3445	0.2964	0.4922		0.0156